med. 205

Über Beziehungen zwischen elektrophysiologischem und pulsatorischem Verhalten des linken Ventrikels bei operativer Korrektur der Mitralstenose

Klaus du Bosque

1961

AUS DER II. MEDIZINISCHEN UNIVERSITÄTS- UND
POLIKLINIK HAMBURG-EPPENDORF

Direktor: Prof. Dr. A. Jores

Über Beziehungen zwischen elektrophysiologischem und pulsatorischem Verhalten des linken Ventrikels bei operativer Korrektur der Mitralstenose

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

vorgelegt von

Klaus du Bosque
aus Popelken, Krs. Labiau

Hamburg 1961

A. Schubert, München 5, Cornelliusstraße 21 · Telefon 221777

Angenommen von der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 13.11.1961

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

Dekan:	Professor Dr. MALORNY
Referent:	Professor Dr. GADERMANN
Korreferent:	Professor Dr. JORES

DISPOSITION

	Seite
I. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	5
II. METHODIK	
a) Die Errechnung des Ventrikel-gradienten und seine Bewertung	6
b) Die Beurteilung der Herzpulsation mit Hilfe der Elektrokymographie	8
III. ERGEBNISSE Fall 1 - 10	10
IV. DISKUSSION	29
V. ZUSAMMENFASSUNG	32
VI. LITERATURVERZEICHNIS	33

DISPOSITION

Seite

I. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG 6

II. METHODIK

a) Die Errechnung der Ventrikel-
gradienten und seine Bewertung 6

b) Die Bewertung der Herzgrößen
zur Hilfe der Elektrokymographie

III. ERGEBNISSE
Fall 1 - 10 10

IV. DISKUSSION 30

V. ZUSAMMENFASSUNG 35

VI. LITERATURVERZEICHNIS 38

EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Nach einer Theorie von H. Schaefer wird das EKG von der Herzmechanik beeinflusst, und zwar ist es der Erregungsrückgang, der durch mechanische Vorgänge schon der normalen Herzperistaltik beeinflusst werden soll.

Der Erregungsrückgang wird im EKG durch die T-Zacke wiedergegeben. Die Grösse und Richtung der T-Zacke wird nicht allein durch die Summation aller Erregungsrückgänge der einzelnen Muskelfasern bestimmt, da sonst die T-Zacke genau so gross sein müsste wie die QRS-Zacke, das elektrische Abbild der Erregungsausbreitung; T müsste dabei QRS entgegengerichtet sein. Normalerweise ist aber T zur Hauptausschlagrichtung von QRS gleichgerichtet (konkordant). Dieses Verhalten von T kommt nach SCHAEFER durch den "apicobasalen Erregungsrückgang" zustande. Da die Herzspitze ihre Erregung früher verliert als die Basis, wie durch Mikroelektroden bewiesen wurde (Schaefer), bestehen am Ende der Herzaktion entlang den synzytialen Verbindungen der Muskelfasern Potentialdifferenzen zwischen Spitze und Basis (apicobasal). Für das frühere Schwinden der Erregung an der Spitze macht Schaefer die Herzmechanik verantwortlich, da nach seiner Ansicht die Herzkammerkontraktion an der Spitze beginnt und sich gleich einer peristaltischen Kontraktion zur Basis hin fortsetzt: Es werde der Gipfel der mechanischen Spannungsleistung an der Spitze zuerst erreicht und deshalb verliere auch die Spitze zuerst die Erregung. In Abhängigkeit von der Herzmechanik kommt es also nach dieser Theorie zu Potentialunterschieden in verschiedenen Herzabschnitten während des Erregungsrückganges. Entsprechend dem Potentialgefälle fliessen zusätzliche, vom Erregungsvorgang in der Muskelzelle unabhängige Ströme und bestimmen T wesentlich.

Ist diese Theorie richtig, so muss sich bei einer Änderung der Herzmechanik der ganze Erregungsrückgang verändern. Nicht mehr die Herzspitze, sondern der Teil des Herzens verliert dann zuerst die Erregung, der sich zuerst kontrahiert. Von ihm aus müssen dann entlang dem Potentialgefälle Ströme zu dem Herzteil fliessen, der seine Erregung später verliert. Diese Ströme müssen wiederum die T-Zacke entsprechend beeinflussen. Eine Vektoranalyse von T muss die Richtung des normalen Erregungsrückganges und bei Peristaltikänderung die entsprechend veränderte Richtung ergeben. GADERMANN hatte durch elektrokymographische Untersuchungen (Elektrokymographie=EKy) bei Mitralstenosen eine veränderte Peristaltik im Bereich des schlecht gefüllten linken

Ventrikels gefunden und festgestellt, dass es nach erfolgreicher Operation zur Normalisierung der Pulsationsbewegungen kommt.

In der vorliegenden Abhandlung wird versucht festzustellen, ob bei Patienten mit Mitralstenosen prae- und postoperativ eine Konkordanz im pulsatorischen und elektrophysiologischen Verhalten des linken Ventrikels zu erkennen ist.

METHODIK

a) Die Errechnung des Ventrikelgradienten und seine Bewertung

In der Einleitung wurde ausgeführt, dass die T-Zacke im EKG durch Summation der elementaren Erregungsrückgänge und des apicobasalen Erregungsrückganges entsteht. Das elektrische Abbild aller elementaren Erregungsrückgänge allein müsste ebenso gross wie die QRS-Zacke und ihr entgegengerichtet sein; d.h. die Summe der Flächen von QRS und der elementaren Erregungsrückgänge müsste gleich Null sein. Die tatsächliche Abweichung der T-Zacke wird durch einen hinzukommenden Erregungsrückgang hervorgerufen, der allgemein "inhomogener Erregungsrückgang" und bei der normalen Herzperistaltik "apicobasaler Erregungsrückgang" genannt wird. Andere nicht normale inhomogene Erregungsrückgänge entstehen z.B. durch Herzmuskelschwielen und Infarkte, da die einem Infarktgebiet benachbarten Muskelfasern ihre Erregung länger als ein normaler Herzmuskel behalten. Summiert man also die Flächen QRS und T, so ergibt sich die Fläche, die durch den inhomogenen Erregungsrückgang hervorgerufen wird. Als Vektor gibt diese Fläche Richtung und Grösse der Inhomogenität an. Dieser Vektor wurde von ASHMAN "Ventrikelgradient" genannt.

Die Berechnung der Vektoren erfolgt in der Art, wie sie SCHAEFER in seinem Buch "Das Elektrokardiogramm, Theorie und Klinik" angegeben hat. Es müssen die Flächeninhalte von QRS und T mindestens zweier Ableitungen bestimmt werden. Bei den später aufgeführten Untersuchungen wird so vorgegangen, dass die Flächen in Dreiecke eingeteilt werden, die ihre Basen auf der Null-Linie des EKG haben. Dabei werden die Grundlinien in Millisekunden und die Höhen in Millivolt gemessen. Die entstehende Masseinheit der Flächeninhalte ist dann µVsec. Die Werte werden, wie es SCHAEFER angegeben hat, in ein Schema nach EINTHOVEN eingetragen. Der Richtungsgrad und die Länge

der Vektoren können dann in μVsec. abgelesen werden. Der Integralvektor der Fläche von QRS wird QRS_J, der Integralvektor von T wird T_J genannt; ihre Winkel α_{QRS} und α_T. Der Ventrikelgradient wird mit G_J, sein Winkel mit α_G bezeichnet. Die Differenz $\alpha_{QRS} - \alpha_G$ heisst $\Delta\alpha_{QRS-G}$, im folgenden auch nur $\Delta\alpha$ genannt.

SCHAEFER hat Normalwerte für Länge und Winkel der Vektoren angegeben. Vektoren, die ausserhalb dieser Werte liegen, müssen entweder durch eine veränderte Herzperistaltik oder durch eine andere zusätzliche Inhomogenität des Erregungsrückganges bestimmt worden sein. Im Normalfall soll der Integralvektor der Fläche von QRS (QRS_J) 20 bis 30 μVsec betragen und der Ventrikelgradient (G_J) soll doppelt so gross sein (200 %). Der Winkel, den der Ventrikelgradient mit der Horizontalen bildet (α_G), soll im allgemeinen 10 bis 20 Grad kleiner sein als der Winkel, den der Integralvektor von QRS (α_{QRS}) mit der Horizontalen bildet; α_G soll also 10 bis 20 Grad links von α_{QRS} liegen, die Differenz $\alpha_{QRS} - \alpha_G$ ($\Delta\alpha_{QRS-G}$) soll + 10 bis +20 Grad betragen. Der Ventrikelgradient kann aber bei linkstypischem Integralvektor von QRS nach rechts und bei rechtstypischem Integralvektor von QRS nach links abweichen, so dass dann $\Delta\alpha_{QRS-G}$ -20 Grad bzw. +30 Grad erreichen darf. In der Tabelle 1 sind die Normalwerte des Integralvektors von QRS und des Ventrikelgradienten zusammengefasst.

QRS_J	= 20 - 30 μVsec
G_J	= doppelter Wert von QRS_J, G_J = 200 % von QRS_J
α_G	= etwa 10^o bis 20^o kleiner als α_{QRS}
$\Delta\alpha_{QRS-G}$	im Normalfall = $+10^o$ bis $+20^o$
$\Delta\alpha_{QRS-G}$	bei linkstypischem QRS_J = bis -20^o
$\Delta\alpha_{QRS-G}$	bei rechtstypischem QRS_J = bis $+30^o$

TABELLE 1

Normalwerte des Integralvektors von QRS und des Ventrikelgradienten nach SCHAEFER.

Pathologische Abweichungen des Ventrikelgradienten liegen nach SCHAEFER dann vor, wenn folgende Verhältnisse bestehen:

1) Ist der Ventrikelgradient(G_J) kleiner als normal, seine Richtung aber normal ($\Delta\alpha_{QRS-G} = -20^o$ bis $+30^o$), dann ist der apicobasale Erregungsrückgang vermindert, die Herzperistaltik gestört.

2) Ist der Ventrikelgradient (Gf) vergrössert, seine Richtung aber abwegig, ($\Delta\alpha$QRS-G ausserhalb der Werte von -20^{o} bis $+30^{o}$), so muss ein inhomogener Erregungsrückgang in anderer Richtung als der apicobasalen bestimmend sein.

b) Die Beurteilung der Herzpulsation mit Hilfe der Elektrokymographie

Die Herzrandpulsationen wurden in den Untersuchungen mit Hilfe der verbesserten Elektrokymographie (EKy), wie sie HECKMANN zuerst 1936 beschrieb, registriert. Der Patient steht zwischen Röntgenröhre und Leuchtschirm. Eine photoelektrische Zelle wird auf den Herzrandschatten gesetzt und durch die Röntgenstrahlen bei der Kontraktion des Herzens mehr, bei der Dilatation weniger belichtet. Die entstehenden Stromschwankungen werden in Kurvenform wiedergegeben. Gleichzeitig werden eine Ableitung des EKG und, wenn erwünscht, auch die Herztöne registriert, um zeitliche Beziehungen zwischen den Herzrandpulsationen verschiedener Abschnitte aufstellen zu können. Die Elektrokymogramme werden nacheinander entlang dem ganzen Herzrand abgenommen. Durch Vergleich der Kurven erkennt man die Zeitunterschiede von Kontraktion und Dilatation in den verschiedenen Herzabschnitten. Eine gute Vorstellung von der Herzrandpulsation gibt die sog. Phasenanalyse. Bei ihr werden die Amplituden der Elektrokymogramme auf die Herzfigur übertragen. Zeitlich übereinstimmende Kurvenpunkte werden dann zu neuen Herzfiguren, den "Isophasen", verbunden (Abb. 1). Sie geben ungefähr die Herzrandfigur eines Zeitpunktes wieder. Mehrere Isophasen in richtiger zeitlicher Reihenfolge betrachtet, geben eine Vorstellung von der Bewegung des Herzrandes.

Von GADERMANN wurde in zahlreichen elektrokymographischen Untersuchungen die zeitliche Differenz vom Beginn der Kammererregung bis zum Beginn der systolischen Einwärtsbewegung (Kurvenabstieg) und der diastolischen Auswärtsbewegung (Kurvenabstieg) in verschiedenen Herzabschnitten berechnet. Die Zeit wurde in Sigma gemessen. Bei den zu dieser Arbeit ausgeführten Untersuchungen wurde genauso verfahren. GADERMANN fand normalerweise eine peristaltische Herzbewegung mit dem Beginn der Kontraktion und der Dilatation an der Spitze. Bei Mitralstenosen fand er eine Umkehr der Herzperistaltik. Er gab folgende Durchschnittswerte an:

Beginn der systolischen Einwärtsbewegung der Herzwand (vom Beginn der Kammererregung an gerechnet):

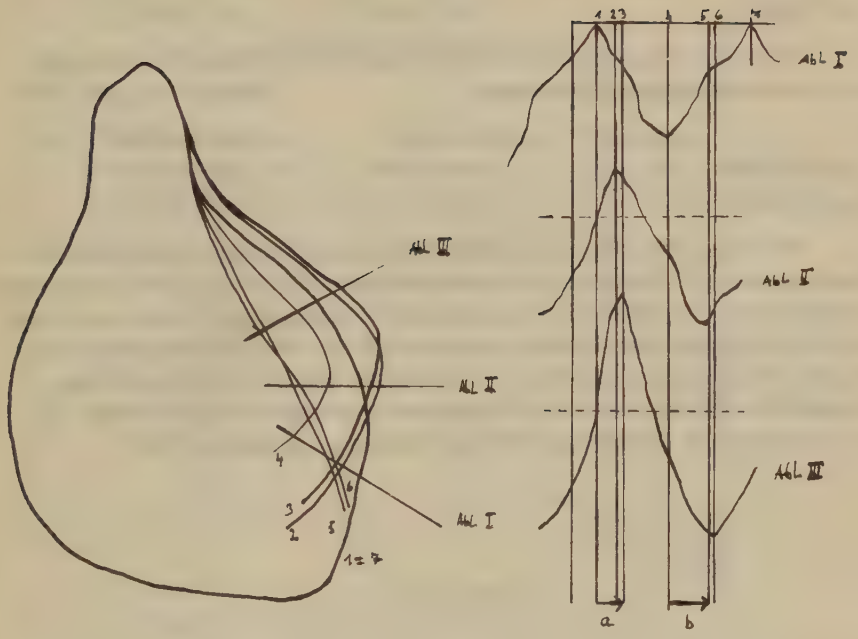

Abb. 1
Phasenanalyse des EKy von Fall 2 (Patient Kl. I., praeoperative Situation). Gezeichnet sind die Ableitungen 1, 2 und 3. In das Herzschema wurden 6 aufeinanderfolgende Phasen dieser Ableitungen eingetragen. Der Pfeil a gibt die zeitliche Differenz der systolischen Einwärtsbewegung, der Pfeil b der diastolischen Auswärtsbewegung zwischen der Herzspitze und der Herzbasis an. Die Pfeilrichtung geht von der Herzspitze zur Herzbasis.

	Normal	Mitralstenose
Spitzenbereich	80 - 100 σ	100 - 200 σ
Basisbereich	100 - 180 σ	50 - 110 σ

Beginn der diastolischen Auswärtsbewegung der Herzwand (vom Beginn der Kammererregung an gerechnet):

	Normal	Mitralstenose
Spitzenbereich	360 - 420 σ	340 - 400 σ
Basisbereich	420 - 480 σ	290 - 420 σ

Für diese Arbeit wurden Vektoranalysen und elektrokymographische Untersuchungen an 10 Patienten mit Mitralstenosen vor und nach der Valvulotomie vorgenommen. Die elektrokymographischen Untersuchungen fanden nach Möglichkeit im Stehen statt. Deshalb wurden auch die Steh-Elektrokardiogramme für die Vektoranalysen verwertet. Nur wenn das Stehen nicht möglich war, mussten die Vektoren der Ruhe -Elektrokardiogramme errechnet werden. Bei Fall 1 wurden die Vektoren zur Veranschaulichung gezeichnet.

ERGEBNISSE

Fall 1

Wo. H. ♀ 18 Jahre

Die Patientin erlitt seit dem 14. Lebensjahr mehrere rheumatische Schübe. Klinisch und röntgenologisch fanden sich die Zeichen einer Mitralstenose.

Röntgenbefund des Herzens:
Praeoperativ: Mitralkonfiguriertes Herz, deutliche Vergrösserung des linken Vorhofes nach dorsal. Die Herztaille ist durch Vergrösserung des linken Herzohres und durch Vorwölbung des Pulmonalbogens ausgefüllt.

Postoperativ: (4 Wochen) Noch typisch mitralkonfiguriertes Herz, etwas nach rechts verlagert.

EKG-Befund:
Praeoperativ: Sinusrhythmus mit einer Frequenz um 90/min. P-mitrale. In den gezielten Abgriffen über der rechten Ventrikelausflussbahn Zeichen einer intraventrikulären Erregungsausbreitung nach Art eines inkompletten Rechtsschenkelblockes.

Postoperativ (4 Wochen): Sinusrhythmus mit einer Frequenz um 85/min. P-mitrale. Im Erregungsrückgang beider Kammern diffuse Störung.

Errechnete Vektoren

Steh-EKG praeoperativ

QRS_J = 10,2 µVsec, 108°
T_J = 15,0 µVsec, 90°
G_J = 25,0 µVsec, 97°
$\Delta\alpha$ = + 11°

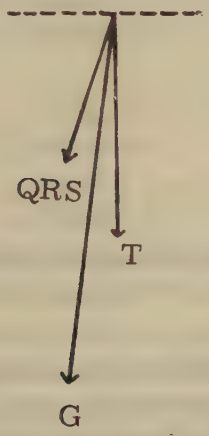

Abb. 2
Zeichnung der Integralvektoren und des Ventrikelgradienten aus dem praeoperativen Steh-EKG von Fall 1.

Steh-EKG postoperativ

QRS_J = 10,2 µVsec, 98°
T_J = 0,0 µVsec, 0°
G_J = 10,2 µVsec, 98°
$\Delta\alpha$ = 0°

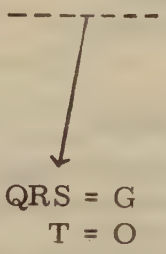

Abb. 3
Zeichnung der Integralvektoren und des Ventrikelgradienten aus dem postoperativen Steh-EKG von Fall 1.

Der Ventrikelgradient ist vor der Operation doppelt so gross wie der Integralvektor von QRS, seine Richtung normal. Es kann keine gestörte Herzperistaltik festgestellt werden.

Nach der Operation ist die T-Zacke im EKG = O. Deshalb ist der Ventrikelgradient gleich dem Integralvektor von QRS. Damit ist G_J zu klein, seine Richtung ist noch normal. Die Peristaltik müsste hiernach geändert sein.

Elektrokymographische Berechnungen:

	Beginn der pulsatorischen Ein- und Auswärtsbewegung der Herzwand, berechnet vom Beginn der Kammererregung	
	Systolische Einwärtsbew.	Diastolische Auswärtsbew.
Praeoperativ:		
Abl. 1 Herzspitze	130 σ	400 σ
Abl. 2	100 σ	350 σ
Abl. 3	100 σ	350 σ
Abl. 4 Herzbasis	90 σ	340 σ
Postoperativ:		
Abl. 1 Herzspitze	80 σ	340 σ
Abl. 2	80 σ	340 σ
Abl. 3	80 σ	350 σ
Abl. 4 Herzbasis	80 σ	350 σ

Praeoperativ beginnt die systolische Einwärtsbewegung und die diastolische Auswärtsbewegung einwandfrei an der Basis, wie es typisch für Mitralstenosen sein soll.

Postoperativ lässt sich kein wesentlicher Unterschied der Herzmechanik zwischen Spitze und Basis feststellen. Immerhin beginnen die Spitze und die Basis schon zur gleichen Zeit mit der Kontraktion. Die zeitliche Differenz zwischen Kammererregung und systolischer Einwärtsbewegung ist geringer geworden - eine Tendenz zur Normalisierung der Peristaltik.

EKG und Elektrokymogramm stimmen in diesem Fall mit ihrer Aussage über die Herzperistaltik nicht überein.

Fall 2

Kl. I. ♀ 28 Jahre

Bei der Patientin wurde 9 Jahre vor der Valvulotomie erstmals eine Mitralstenose festgestellt. In den folgenden Jahren trat eine zunehmende Leistungsminderung auf. Es wurde der klinische und röntgenologische Befund einer Mitralstenose erhoben.

Röntgenbefund des Herzens:
Praeoperativ: Mitralkonfiguriertes Herz, betonter Pulmonalisbogen, deutliche Vorwölbung des linken Vorhofes nach dorsal, Zeichen einer ausgeprägten Rechtshypertrophie.

Postoperativ (2 Wochen): Herzkonfiguration und Grösse haben sich noch nicht wesentlich geändert. Es bestehen weiterhin die Zeichen eines Mitralvitiums mit Vergrösserung des linken Vorhofes, verstrichener Herztaille und Vorwölbungen des Pulmonalisbogens.

EKG - Befund:

Praeoperativ: Sinusrhythmus mit einer Frequenz um 110/min, Steiltyp, P-mitrale, deutliche Störungen des Erregungsrückganges.

Postoperativ(2Wochen): Sinusrhythmus mit einer Frequenz um 90/min, Normaltyp, P-Mitrale, ST-Strecke bei allen Ableitungen leicht gesenkt. Atypische intraventrikuläre Erregungsausbreitung.

Errechnete Vektoren

Ruhe-EKG praeoperativ:

QRS_J = 15,0 /µVsec, $\alpha QRS = 82^o$
T_J = 5,5 /µVsec, $\alpha T = 86^o$
G_J = 20,5 /µVsec, $\alpha G = 83^o$
$\Delta\alpha = -1^o$

Ruhe-EKG postoperativ:

QRS_J = 18,0 /µVsec, $\alpha QRS = 66^o$
T_J = 5,5 /µVsec, $\alpha T = 90^o$
G_J = 26,0 /µVsec, $\alpha G = 72^o$
$\Delta\alpha = -6^o$

Praeoperativ ist der Ventrikelgradient anormal klein, seine Richtung noch normal. Demnach ist die Herzperistaltik verändert.

Postoperativ nimmt der Ventrikelgradient nicht wesentlich zu, sein Winkel hält sich noch im Bereich der Norm. Eine Peristaltiknormalisierung ist nicht deutlich zu erkennen.

Elektrokymographische Berechnungen:

	Beginn der pulsatorischen Ein- und Auswärtsbewegung der Herzwand, berechnet vom Beginn der Kammererregung	
	systolische Einwärtsbew.	Diastolische Auswärtsbew.
Praeoperativ:		
Abl. 1 Herzspitze	100 σ	400 σ
Abl. 2	180 σ	560 σ
Abl. 3	200 σ	580 σ
Abl. 4 Herzbasis	200 σ	580 σ

	systolische Einwärtsbew.	Diastolische Auswärtsbew.
Postoperativ:		
Abl. 1 Herzspitze	180 σ	350 σ
Abl. 2	180 σ	420 σ
Abl. 3	180 σ	380 σ
Abl. 4 Herzbasis	180 σ	520 σ

Praeoperativ beginnt die Kontraktion und die Dilatation wie normal an der Herzspitze.

Postoperativ ist ein zeitlicher Unterschied in der Kontraktion zwischen Spitze und Basis nicht zu erkennen. Die Dilatation beginnt an der Spitze. Diese Befunde stimmen mit der Deutung des EKG nicht überein. Es sei vorweggenommen, dass diese Ergebnisse aus dem Rahmen fallen.

Fall 3

Pr. A. ♀ 25 Jahre

Die Patientin litt seit längerer Zeit an zunehmender Leistungsminderung. Klinisch und röntgenologisch bestanden die Zeichen einer Mitralstenose.

Röntgenbefund des Herzens:
Praeoperativ: Typische Mitralkonfiguration, linker Herzohrbogen deutlich prominent, linker Vorhof stärker nach dorsal vorgewölbt. Der Linke Ventrikel ist nur gering entwickelt, die linke Herzkontur fällt steil ab. Die rechte Ausflussbahn ist deutlich vorgeschoben, der Pulmonalbogen ist prominent.

Postoperativ (1 Monat): Das Herz erscheint geringfügig linksgedreht und ist dabei noch mitralkonfiguriert mit nach dorsal mässig vergrössertem linken Vorhof.

EKG - Befund:
Praeoperativ: Sinusrhythmus mit einer Frequenz um 80/min, Steilstellung der elektrischen Herzachse, P-mitrale.

Postoperativ (1 Monat): Sinusrhythmus mit einer Frequenz um 70/min, Normalstellung der elektrischen Herzachse, P-mitrale. Zeichen einer atypischen rechtsventrikulären Erregungsausbreitung.

Errechnete Vektoren

Ruhe-EKG praeoperativ:

QRS_J = 6,6 µVsec, αQRS = 79°
T_J = 5,8 µVsec, αT = 30°
G_J = 10,0 µVsec, αG = 62°
Δα = + 17°

Ruhe-EKG postoperativ:

QRS_J = 9,0 µVsec, αQRS = 55°
T_J = 0,0 µVsec, αT = 0°
G_J = 9,0 µVsec, αG = 55°
Δα = 0°

Praeoperativ ist der Ventrikelgradient etwas kleiner als normal, seine Richtung normal. Man kann eine Peristaltikänderung annehmen.

Postoperativ wird der Ventrikelgradient noch kleiner und bleibt in der Richtung normal.

Elektrokymographische Berechnungen:

	Beginn der pulsatorischen Ein- und Auswärtsbewegung der Herzwand, berechnet vom Beginn der Kammererregung	
	Systolische Einwärtsbew.	Diastolische Auswärtsbew.
Praeoperativ:		
Abl. 1 Herzspitze	140 σ	380 σ
Abl. 2	130 σ	400 σ
Abl. 3	130 σ	360 σ
Abl. 4 Herzbasis	130 σ	360 σ
Postoperativ:		
Abl. 1 Herzspitze	100 σ	300 σ
Abl. 2	80 σ	280 σ
Abl. 3	130 σ	300 σ
Abl. 4 Herzbasis	130 σ	300 σ

Praeoperativ beginnen Kontraktion und Dilatation an der Basis im Sinne einer Peristaltikänderung, wie sie auch bei der Deutung des EKG angenommen wurde.

Postoperativ beginnt die Kontraktion an der Spitze, während die Dilatation überall gleichzeitig beginnt. Die Peristaltik normalisiert sich.

Fall 4

Pe. E. ♀ 27 Jahre

Bei der Patientin wurde 3 Jahre vor der Operation ein Herzklappenfehler festgestellt. Sie litt zunehmend an Atemnot und Herzklopfen bei Anstrengungen. Klinisch und röntgenologisch bestand der Befund einer Mitralstenose.

Röntgenbefund des Herzens:
Praeoperativ: Mitralkonfiguriertes Herz. Die rechte Ausflussbahn ist stärker herausgehoben, die Herztaille ist infolgedessen abgeflacht. Die linke Herzkontur fällt ziemlich steil ab. Der linke Vorhof ist nur mässig nach dorsal vergrössert, der linke Ventrikel nur gering entwickelt.

Postoperativ (7 Monate): Noch keine wesentliche Änderung des Befundes erkennbar.

EKG -Befund:
Sinusrhythmus mit einer Frequenz um 120/min, Steilstellung der lektrischen Herzachse, P-mitrale. In den gezielten Abgriffen über der rechten Ausflussbahn Zeichen einer Störung der rechtsventrikulären Erregungsausbreitung nach Art eines inkompletten Rechtsschenkelblockes.

Postoperativ (7 Monate): Sinusrhythmus mit einer Frequenz um 120/min, Steilstellung der elektrischen Herzachse, P-mitrale. Störung der rechtsventrikulären Erregungsausbreitung. Keine wesentliche Befundänderung.

Errechnete Vektoren

Steh-EKG praeoperativ:
QRS_J = 9,0 /µVsec, αQRS = 60°
T_J = 14,0 /µVsec, αT = 40°
G_J = 21,0 /µVsec, αG = 40°
Δα = + 20°

Steh-EKG postoperativ:
QRS_J = 14,0 /µVsec, αQRS = 82°
T_J = 0,0 /µVsec, αT = 0°
G_J = 14,0 /µVsec, αG = 82°
Δα = 0°

Praeoperativ ist der Ventrikelgradient normal und lässt keine Peristaltikänderung erkennen.

Postoperativ ist der Ventrikelgradient zu klein, seine Richtung aber noch normal. Der Befund entspricht einer Peristaltikänderung.

Elektrokymographische Berechnungen:

	Beginn der pulsatorischen Ein- und Auswärtsbewegung der Herzwand, berechnet vom Beginn der Kammererregung	
	Systolische Einwärtsbew.	Diastolische Auswärtsbew.
Praeoperativ:		
Abl. 1 Herzspitze	120 σ	350 σ
Abl. 2	120 σ	350 σ
Abl. 3	100 σ	350 σ
Abl. 4 Herzbasis	80 σ	340 σ
Postoperativ:		
Abl. 1 Herzspitze	80 σ	340 σ
Abl. 2	100 σ	350 σ
Abl. 3	100 σ	350 σ
Abl. 4 Herzbasis	140 σ	380 σ

Praeoperativ beginnen Kontraktion und Dilatation an der Basis. Diese Peristaltikänderung konnte dem EKG nicht entnommen werden.

Postoperativ beginnen Kontraktion und Dilatation an der Spitze. Die Peristaltik normalisiert sich entgegen dem elektrokardiographischen Befund.

Fall 5

Le. I. ♀ 30 Jahre

Die Patientin litt seit dem 21. Lebensjahr häufig an "Herzanfällen" und zunehmender Leistungsminderung. Klinisch und röntgenologisch fand sich der Befund einer Mitralstenose.

Röntgenbefund des Herzens:
Praeoperativ: Deutliche Mitralkonfiguration mit vorgewölbtem Herzohrbogen und erheblicher Vergrösserung des linken Vorhofes.

Postoperativ (1. 1/2 Monate): keine wesentliche Befundänderung. Es ist kein Urteil darüber möglich, ob sich einzelne Herzabschnitte ausgedehnt haben.

EKG-Befund:
Praeoperativ: Sinusrhythmus mit einer Frequenz um 110/min, Steilstellung der elektrischen Herzachse, P-mitrale. Atypische rechtsventrikuläre Erregungsausbreitung.

Postoperativ (1.1/2 Monate): Sinusrhythmus mit einer Frequenz um 110/min, keine wesentliche Befundänderung.

Errechnete Vektoren

Ruhe-EKG praeoperativ:	Ruhe-EKG postoperativ:
QRS_J = 18,0 /µVsec, αQRS = 80°	QRS_J = 21,0 /µVsec, αQRS = 74°
T_J = 3,0 /µVsec, αT = 0°	T_J = 4,0 /µVsec, αT = 60°
G_J = 18,0 /µVsec, αG = 72°	G_J = 25,5 /µVsec, αG = 72°
Δα = + 8°	Δα = + 2°

Praeoperativ ist der Ventrikelgradient kleiner als normal, seine Richtung ist normal, es ist also eine Peristaltikänderung anzunehmen.

Postoperativ nimmt der Ventrikelgradient etwas zu, die Richtung bleibt normal. Demnach tritt eine Peristaltiknormalisierung ein, wenn auch nur in einem sehr geringen Masse.

Elektrokymographische Berechnungen:

	Beginn der pulsatorischen Ein- und Auswärtsbewegung der Herzwand, berechnet vom Beginn der Kammererregung	
	Systolische Einwärtsbew.	Diastolische Auswärtsbew.
Praeoperativ:		
Abl. 1 Herzspitze	120 σ	350 σ
Abl. 2	80 σ	350 σ
Abl. 3	80 σ	360 σ
Abl. 4 Herzbasis	70 σ	360 σ
Postoperativ:		
Abl. 1 Herzspitze	160 σ	350 σ
Abl. 2	160 σ	350 σ
Abl. 3	70 σ	320 σ
Abl. 4 Herzbasis	70 σ	300 σ

Praeoperativ beginnt die Kontraktion an der Basis und die Dilatation an der Spitze. Der Befund stimmt mit der vektoranalytischen Deutung überein.

Postoperativ beginnen Kontraktion und Dilatation an der Basis. Die Befundänderung ist aber nur sehr gering.

Fall 6

La. M. ♀ 36 Jahre

Seit dem 17. Lebensjahr ist bei der Patientin ein "Herzfehler" bekannt. In den letzten Jahren hatte sie über zunehmende Leistungsminderung zu klagen. Klinisch und röntgenologisch entsprach der Befund einer Mitralstenose.

Röntgenbefund des Herzens:
Praeoperativ: Mitralkonfiguriertes Herz mit stark vergrössertem linken Vorhof und relativ kleinem linken Ventrikel.

Postoperativ (3 Monate): keine wesentliche Befundänderung.
Postoperativ (2 Jahre): Noch deutliche Mitralkonfiguration mit erheblicher Erweiterung des linken Vorhofes. Der linke Ventrikel ist jetzt aber offenbar gut entwickelt.

EKG - Befund:
Praeoperativ: Sinusrhythmus mit einer Frequenz um 75/min, Rechtsdrehung der elektrischen Herzachse, P-mitrale, Störung der Erregungsausbreitung nach Art eines inkompletten Rechtsschenkelblockes.

Postoperativ (3 Monate): Vorhofflimmern bis -flattern, absolute Arrhythmie, Frequenz um 75/min. Störung des Erregungsrückganges über dem ganzen Herzen.

Postoperativ (2 Jahre): Vorhofflimmern bis -flattern, unregelmässige Aufeinanderfolge der Kammerkomplexe mit einer Frequenz zwischen 50 und 100/min. Zeichen einer Störung der rechtsventrikulären Erregungsausbreitung nach Art eines inkompletten Rechtsschenkelblockes.

Errechnete Vektoren:

Ruhe-EKG praeoperativ:
QRS_J = 17,0 /µVsec, αQRS = 100°
T_J = 28,0 /µVsec, αT = 60°
G_J = 44,0 /µVsec, αG = 72°
Δα = + 28°

Ruhe-EKG postoperativ (3 Monate)
QRS_J = 22,0 /µVsec, αQRS = 92°
T_J = 23,0 /µVsec, αT = 75°
G_J = 5,0 /µVsec, αG = 0°
Δα = + 92°

Ruhe-EKG postoperativ (2 Jahre)
QRS_J = 6,5 /µVsec, αQRS = 96°
T_J = 5,0 /µVsec, αT = 34°
G_J = 10,0 /µVsec, αG = 68°
Δα = + 28°

Praeoperativ ist der Ventrikelgradient normal, eine Peristaltikänderung ist nicht zu erkennen.

Postoperativ (3 Monate) ist der Ventrikelgradient zu klein und sein Vektor abwegig. Es muss ein pathologischer inhomogener Erregungsrückgang entstanden sein.

2 Jahre nach der Operation ist der Ventrikelgradient nicht mehr abwegig im Sinne eines inhomogenen Erregungsrückganges, aber er ist etwas vermindert.

Elektrokymographische Berechnungen:

	Beginn der pulsatorischen Ein- und Auswärtsbewegung der Herzwand, berechnet vom Beginn der Kammererregung	
	Systolische Einwärtsbew.	Diastolische Auswärtsbew.
Praeoperativ:		
Abl. 1 Herzspitze	200 σ	390 σ
Abl. 2	200 σ	390 σ
Abl. 3	60 σ	340 σ
Abl. 4 Herzbasis	50 σ	340 σ
Postoperativ (2 Jahre):		
Abl. 1 Herzspitze	80 σ	370 σ
Abl. 2	80 σ	350 σ
Abl. 3	90 σ	360 σ
Abl. 4 Herzbasis	100 σ	340 σ

Praeoperativ beginnen Kontraktion und Dilatation an der Basis im Sinne einer Peristaltikänderung bei Mitralstenosen. Der Befund stimmt nicht mit der Vektoranalyse überein.

Postoperativ beginnt die Kontraktion wie normal an der Herzspitze, während die Dilatation noch an der Basis beginnt. Der Befund spricht deutlich für eine Peristaltiknormalisierung und stimmt darin mit der Vektoranalyse überein.

Fall 7

Bü. H. ♀ 48 Jahre

Bei der Patientin wurde vor Jahren, bei einer Untersuchung zur Klärung eines cerebralen Anfallsleidens, ein Mitralvitium festgestellt. Klinisch und röntgenologisch bot sich der Befund einer Mitralstenose.

Röntgenbefund des Herzens:
Praeoperativ: Etwas steilgestelltes Herz, mässig vergrösserter linker Vorhof, linker Ventrikel relativ gering ausgebildet.

Postoperativ (2.1/2 Monate): Herz deutlich nach rechts gezogen und etwas nach rechts gedreht. Linker Vorhof mässig vergrössert, relativ kleiner linker Ventrikel.

EKG-Befund:
Praeoperativ: Sinusrhythmus 60-70/min, Steilstellung der elektrischen Herzachse, P-mitrale.

Postoperativ (2.1/2 Monate): Sinusrhythmus um 90/min, Steiltyp der elektrischen Herzachse, P-mitrale.

Errechnete Vektoren

Steh-EKG praeoperativ:
QRS_J = 10,0 µVsec, α_{QRS} = 66°
T_J = 6,0 µVsec, α_T = 26°
G_J = 14,5 µVsec, α_G = 50°
$\Delta\alpha$ = + 16°

Steh-EKG postoperativ (2.1/2 Mon.)
QRS_J = 13,0 µVsec, α_{QRS} = 54°
T_J = 5,0 µVsec, α_T = 40°
G_J = 17,0 µVsec, α_G = 52°
$\Delta\alpha$ = + 2°

Praeoperativ ist der Ventrikelgradient verkleinert, die Richtung normal. Demnach ist die Peristaltik verändert.

Postoperativ ist der Ventrikelgradient noch immer verkleinert und die Richtung noch im Bereich des normalen. Eine Peristaltiknormalisierung ist nicht zu erkennen. (Der Vergleich zwischen den Werten vor und nach der Operation ist hier erschwert, da postoperativ eine Torsion und Verlagerung des Herzens eingetreten ist.)

Elektrokymographische Berechnungen:

	Beginn der pulsatorischen Ein- und Auswärtsbewegung der Herzwand, berechnet vom Beginn der Kammererregung	
	Systolische Einwärtsbew.	Diastolische Auswärtsbew.
Praeoperativ:		
Abl. 1 Herzspitze	200 σ	520 σ
Abl. 2	180 σ	520 σ
Abl. 3	180 σ	520 σ
Abl. 4 Herzbasis	120 σ	600 σ

Postoperativ (2. 1/2 Monate)		
Abl. 1 Herzspitze	140 σ	560 σ
Abl. 2	140 σ	500 σ
Abl. 3	120 σ	480 σ
Abl. 4 Herzbasis	80 σ	400 σ

Nach den elektrokymographischen Berechnungen beginnt praeoperativ die Kontraktion an der Basis, die Dilatation beginnt fast überall gleichzeitig. Der Befund stimmt mit der Vektoranalyse überein.

Postoperativ (2. 1/2 Monate) beginnt die Kontraktion immer noch an der Basis und die Dilatation jetzt ebenfalls. Eine Peristaltiknormalisierung ist nicht zu erkennen. Der Befund stimmt mit der Vektoranalyse überein.

Fall 8

Ru. P. ♀ 44 Jahre

Die Patientin bemerkte seit etwa 5 Jahren eine zunehmende Leistungsminderung und Atemnot bei Anstrengung. Klinisch und röntgenologisch fand sich der Befund einer Mitralstenose.

Röntgenbefund des Herzens:
Praeoperativ: Das Herz wirkt im ganzen plump, die rechte Ausflussbahn ist deutlich betont, der rechte Ventrikel vergrössert, der linke Ventrikel scheint etwas verkleinert; der linke Vorhof ist vergrössert. Das Herz ist mitralfiguriert.

Postoperativ (1 Monat): Mitralkonfiguriertes Herz, der linke Ventrikel wirkt jetzt etwas kräftiger gerundet.

EKG - Befund:
Praeoperativ: Sinusrhythmus mit einer Frequenz um 85/min, Rechtsdrehung der elektrischen Herzachse, P-mitrale.

Postoperativ (2. 1/2 Monate): Sinusrhythmus mit einer Frequenz um 70/min, Rechtsdrehung der elektrischen Herzachse, P-mitrale.

Errechnete Vektoren

Steh-EKG praeoperativ:
QRS_J = 9,0 /µVsec, αQRS = 150°
T_J = 6,0 /µVsec, αT = 30°
G_J = 7,5 /µVsec, αG = 114°
Δα = + 36°

Steh-EKG postoperativ:
QRS_J = 11,0 /µVsec, αQRS = 126°
T_J = 7,0 /µVsec, αT = 30°
G_J = 13,2 /µVsec, αG = 90°
Δα = + 36°

Praeoperativ ist der Ventrikelgradient verkleinert und sein Winkel liegt etwa über der Höchstgrenze. Bei dem sehr rechtstypischen EKG und dem auch röntgenologisch stark rechtausgebildeten Herzen muss man aber den Winkel noch als normal bezeichnen. Die Werte sprechen für eine Peristaltikänderung.

Postoperativ hat sich daran nichts Wesentliches geändert.

Elektrokymographische Berechnungen:

	Beginn der pulsatorischen Ein- und Auswärtsbewegung der Herzwand, berechnet vom Beginn der Kammererregung	
	Systolische Einwärtsbew.	Diastolische Auswärtsbew.
Praeoperativ:		
Abl. 1 Herzspitze	80 σ	340 σ
Abl. 2	80 σ	320 σ
Abl. 3	60 σ	320 σ
Abl. 4 Herzbasis	50 σ	320 σ
Postoperativ (2.1/2 Monate):		
Abl. 1 Herzspitze	180 σ	480 σ
Abl. 2	160 σ	400 σ
Abl. 3	100 σ	400 σ
Abl. 4 Herzbasis	80 σ	400 σ

Praeoperativ beginnt die Kontraktion an der Basis; Zeichen typischer Peristaltikänderung bei Mitralstenose. Die Dilatation beginnt am ganzen Herzrand etwa zur gleichen Zeit.

Postoperativ ist keine Peristaltiknormalisierung zu erkennen.

Die Befunde stimmen mit den Vektoranalysen überein.

Fall 9

Spa. H. ♀ 26 Jahre

Klinisch und röntgenologisch bestand der Befund einer Mitralstenose.

Röntgenbefund des Herzens:
Praeoperativ: Mitralkonfiguriertes Herz mit Vergrösserung des linken Vorhofes und mässiger Betonung des rechten Ventrikels.

Postoperativ (5 Monate): Mitralkonfiguriertes Herz, ohne wesentliche Befundänderung.

EKG-Befund:
Praeoperativ: Sinusrhythmus mit einer Frequenz um 60/min. Querstellung der elektrischen Herzachse, P-mitrale.

Postoperativ (4 Monate): Sinusrhythmus um 60/min. Querstellung der elektrischen Herzachse, P-mitrale. Keine wesentliche Befundänderung.

Errechnete Vektoren

Ruhe-EKG praeoperativ:
QRS_J = 17,0 µVsec, α_{QRS} = 54°
T_J = 17,0 µVsec, α_T = 30°
G_J = 32,0 µVsec, α_G = 40°
$\Delta\alpha$ = + 14°

Ruhe-EKG postoperativ:
QRS_J = 17,0 µVsec, α_{QRS} = 44°
T_J = 9,0 µVsec, α_T = 36°
G_J = 26,0 µVsec, α_G = 48°
$\Delta\alpha$ = - 4°

Praeoperativ ist der Ventrikelgradient normal, Zeichen einer Peristaltikänderung sind nicht festzustellen.

Postoperativ ist der Ventrikelgradient vermindert und in der Richtung normal.

Elektrokymographische Berechnungen:

	Beginn der pulsatorischen Ein- und Auswärtsbewegung der Herzwand, berechnet vom Beginn der Kammererregung:	
	Systolische Einwärtsbew.	Diastolische Auswärtsbew.
Praeoperativ:		
Abl. 1 Herzspitze	200 σ	480 σ
Abl. 2	200 σ	520 σ
Abl. 3	200 σ	520 σ
Abl. 4 Herzbasis	100 σ	400 σ
Postoperativ:		
Abl. 1 Herzspitze	200 σ	560 σ
Abl. 2	100 σ	320 σ
Abl. 3	100 σ	320 σ
Abl. 4 Herzbasis	100 σ	440 σ

Praeoperativ beginnen Kontraktion und Dilatation an der Basis. Es ist also eine Peristaltikänderung vorhanden.

Postoperativ keine wesentliche Änderung des Befundes.

Fall 10

Ho. W. ♂ 22 Jahre.

Klinisch und röntgenologisch bestand der Befund eines Mitralvitiums.

Röntgenbefund des Herzens:
Praeoperativ: Das Herz ist im Sinne eines Cor bovinum umgebaut. Sein transversaler Durchmesser überschreitet die obere Grenze der Norm; es ist dabei mitralkonfiguriert mit erheblicher Verlängerung und Vorwölbung der rechten Ausflussbahn, Vorwölbung des linken Herzohres und erheblicher Vergrösserung des linken Vorhofes nach dorsal. Man hat den Eindruck einer vorwiegenden Vergrösserung des rechten Ventrikels, der den linken Ventrikel nach dorsal hinausschiebt.

Postoperativ (1 Monat): Noch keine wesentliche Befundänderung.

EKG - Befund:
Praeoperativ: Sinusrhythmus mit einer Frequenz um 60/min, Rechtstyp, P-mitrale.

Postoperativ: (1 Monat): Vorhofflattern, absolute Arrhythmie, Kammerfrequenz um 60/min, Rechtstyp.

Errechnete Vektoren

Steh-EKG praeoperativ:
QRS_J = 15,0 /µVsec, αQRS = 170°
T_J = 16,5 /µVsec, αT = 40°
G_J = 13,0 /µVsec, αG = 98°
Δ_α = + 72°

Steh-EKG postoperativ:
QRS_J = 13,0 /µVsec, αQRS = 144°
T_J = 0,0 /µVsec, αT = 0°
G_J = 13,0 /µVsec, αG = 144°
Δ_α = 0,°

Praeoperativ ist der Ventrikelgradient verkleinert, sein Winkel abwegig.

Postoperativ nimmt der Ventrikelgradient keine wesentliche Änderung an.

Elektrokymographische Berechnungen:

	Beginn der pulsatorischen Ein- und Auswärtsbewegung der Herzwand, berechnet vom Beginn der Kammererregung	
	Systolische Einwärtsbew.	Diastolische Auswärtsbew.
Praeoperativ:		
Abl.1 Herzspitze	100 σ	400 σ
Abl.2	60 σ	400 σ
Abl.3	60 σ	400 σ
Abl.4 Herzbasis	60 σ	400 σ
Postoperativ:		
Abl.1 Herzspitze	170 σ	470 σ
Abl.2	180 σ	480 σ
Abl.3	180 σ	490 σ
Abl.4 Herzbasis	180 σ	490 σ

Prae- und Postoperativ bewegt sich der Herzrand der linken Kammer ziemlich gleichmässig. Es ist aber praeoperativ eine Umkehr der Peristaltik und postoperativ eine Normalisierung andeutungsweise zu erkennen. Ein Vergleich mit der Vektoranalyse ist nicht möglich, weil die Vektoren abwegig sind.

Eine Übersicht über die gewonnenen Untersuchungsergebnisse sollen die Zusammenfassungen in der Abb.4 und der Tabelle 2 geben. Die Abb.4 zeigt die zeitlichen Differenzen der systolischen Einwärtsbewegung und der diastolischen Auswärtsbewegung des linken Ventrikels zwischen Herzspitze und Herzbasis vor und nach der Valvulotomie als Pfeile in eine Zeitenskala eingetragen. In der Tabelle 2 sind die Ventrikelgradienten vor und nach der Valvulotomie in Prozent von den dazu gehörigen Integralvektoren der Flächen QRS angegeben. Ausserdem sind die Winkelunterschiede zwischen den Ventrikelgradienten und den Integralvektoren aufgeführt ($\Delta\alpha_{QRS-G}$).

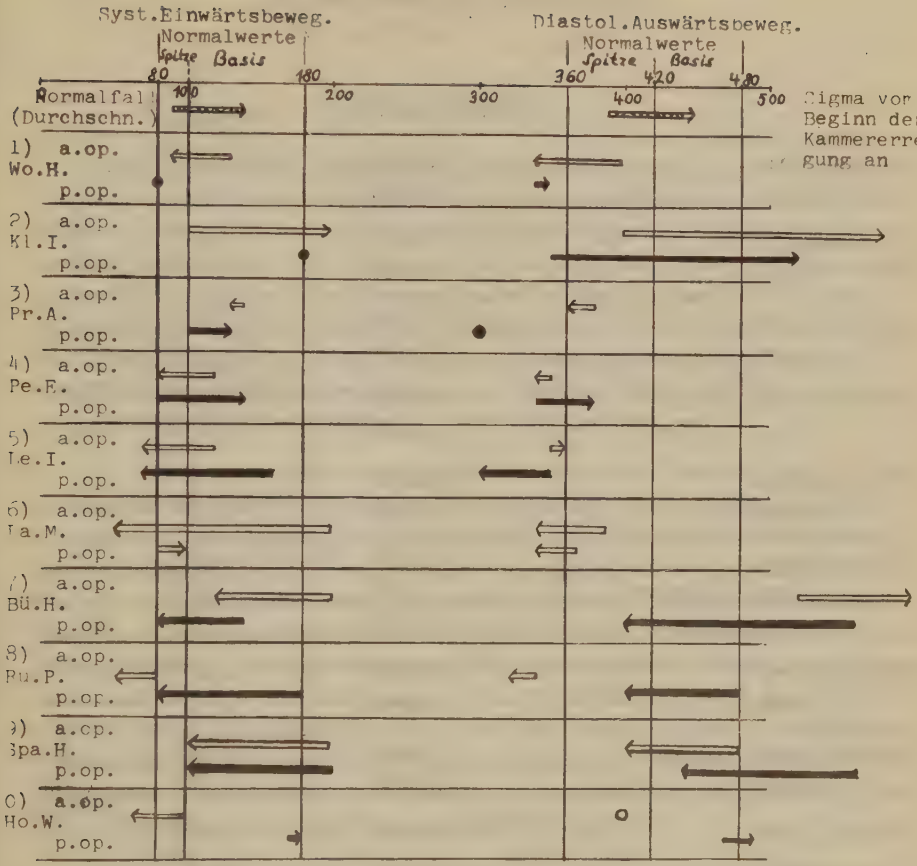

Abb.4

Prae- und postoperatives Verhalten der Pulsation des linken Ventrikels bei 10 Fällen von Mitralstenosen (dargestellt durch die Elektrokymographie).
Die zeitlichen Differenzen der systolischen Einwärts- und der diastolischen Auswärtsbewegung zwischen Herzspitze und Herzbasis sind in die Zeitenskala als Pfeile eingezeichnet. Die Pfeilrichtung geht immer von der Herzspitze zur Herzbasis (entsprechend Abb.1)

Normalwerte: $G_J \approx 200\ \%$ von QRS_J
$\Delta\alpha_{QRS\text{-}G} = -20^o$ bis $+30^o$

	G_J in % von QRS_J	$\Delta\alpha_{QRS\text{-}G}$
1) Wo. a.op.	245 %	$+11^o$
p.op.	100 %	0^o
2) Kl. a.op.	132 %	-10^o
p.op.	144 %	-6^o
3) Pr. a.op.	152 %	$+17^o$
p.op.	100 %	0^o
4) Pe. a.op.	230 %	$+20^o$
p.op.	100 %	0^o
5) Le. a.op.	100 %	$+8^o$
p.op.	120 %	$+2^o$
6) La. a.op.	210 %	$+28^o$
p.op. (3 Monate)	2 %	$+92^o$
p.op. (2 Jahre)	152 %	$+28^o$
7) Bü. a.op.	145 %	$+16^o$
p.op.	130 %	$+2^o$
8) Ru. a.op.	84 %	$+36^o$
p.op.	130 %	$+36^o$
9) Spe. a.op.	205 %	$+14^o$
p.op.	153 %	-4^o
10) Ho. a.op.	86 %	$+72^o$
p.op.	100 %	0^o

TABELLE 2

Werte der Ventrikelgradienten von 10 Fällen von Mitralstenose vor und nach der Valvulotomie.

Es sind die Prozentsätze der Ventrikelgradientenlängen von den Integralvektorlängen der Flächen QRS und die Winkeldifferenzen dieser Vektoren angegeben

DISKUSSION

Die durchgeführten elektrokymographischen Untersuchungen an Mitralstenosen vor der Operation entsprechen in ihren Ergebnissen in 9 von 10 Fällen (Fall 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10) den Untersuchungen von GADERMANN, der bei der Mitralstenose eine verspätete systolische Einwärtsbewegung an der Herzspitze fand. Nach der Operation ergaben die elektrokymographischen Untersuchungen in 5 von den genannten 9 Fällen (Fall 1, 3, 4, 6, 10) eine Rückkehr der Herzmechanik des linken Ventrikels zu einem Peristaltiktyp, wie ihn GADERMANN als normal beschrieben hat, nämlich mit Beginn der Medialbewegung der linken Ventrikelkontur im Bereich der Herzspitze.

K. HECKMANN nimmt für einen Teil der von ihm untersuchten gesunden Herzen den Beginn der Kontraktion an der Basis an. Die Herzspitze beginnt nach seiner Meinung zwar gleichzeitig mit der Kontraktion der Muskelfasern, aber es erfolgt zunächst eine Ausdrehung des Muskelwirbels an der Spitze, so dass die Verkürzung der Fasern hier nicht gleich eine Volumenverkleinerung bewirkt. Ausserdem nimmt durch die Lageänderungen des Herzens während der Herzperistaltik, wie Linksverschiebung und Dorsalrotation, die Herzschattenbreite in den caudalen Abschnitten zu, so dass die Medialbewegung an der Spitze später eintritt als an der Basis. Wenn aber die Linksverschiebung oder Dorsalrotation ausbleibt oder wenn eine Cranialverschiebung stattfindet, bleibt die entsprechende Zunahme der Schattenbreite am caudalen Herzabschnitt aus und die Medialbewegung kann an der Spitze zuerst eintreten.

Gegen diese Annahme von HECKMANN spricht die Häufigkeit des Kontraktionsbeginnes an der Spitze, wie die Untersuchungen von GADERMANN zeigen. (s. auch entsprechende Ergebnisse von ENGSTRÖM und Mitarbeitern).

Wenn bei dieser Arbeit nur in 5 von 9 Fällen eine Peristaltiknormalisierung nach der Valvulotomie gefunden wurde, so muss man doch bedenken, dass die Untersuchungen (bis auf Fall 5) innerhalb eines halben Jahres nach der Valvulotomie stattgefunden haben. Es kann nicht angenommen werden, dass nach einem so beschränkten Zeitraum ein anatomischer Umbau und eine funktionelle Änderung des Herzens abgeschlossen ist.

Durch technische Schwierigkeiten bei der EKG-Registrierung im Stehen nach der Operation bildeten sich die beiden folgenden Gruppen heraus:

a) EKG und EKy vor und nach der Operation im Stehen,
b) EKG vor und nach der Operation im Liegen, aber EKy vor und nach der Operation im Stehen.

Streng genommen sind beide Gruppen nicht gleichwertig zu beurteilen, da nach SCHAEFER wahrscheinlich ist, dass sich elektrokardiographische Unterschiede der Untersuchungen im Liegen gegenüber denen im Stehen ergeben, die durch eine unterschiedliche Potentialentwicklung im Liegen und Stehen hervorgerufen werden.

Aus den Untersuchungen von Schaefer ergibt sich für diese Arbeit das Problem , ob überhaupt im Stehen gewonnene Werte sowohl der Ventrikelgradienten wie auch des Bewegungsablaufes im linken Ventrikel als Grundlage zu Untersuchungen herangezogen werden dürfen, die sich mit der Frage nach einer Übereinstimmung zwischen Herzperistaltik und dem apicobasalen Erregungsrückgang befassen.

Hier gewinnt die Gegenüberstellung der beiden vorhergenannten Gruppen a) und b) in den Tabellen 3a und 3b eine gewisse Bedeutung. Man erkennt an den Ergebnissen, dass vor der Operation in 9 von 10 Fällen ein atypischer Bewegungsablauf am linken Ventrikel bestanden hat (Fall 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10), wie er bereits oben näher erläutert wurde. Vier dieser Fälle lassen auch in der Analyse des EKG eine veränderte Peristaltik nach den von SCHAEFER aufgestellten Kriterien vermuten (Fall 3, 5, 7, 8), während in vier weiteren Fällen das EKG keine Peristaltikänderung erkennen lässt (Fall 1, 4, 6, 9). Auf der anderen Seite ergibt einmal die Analyse des EKG eine veränderte Peristaltik, während sie im EKy nicht nachzuweisen ist (Fall 2). In einem Fall ist die elektrokardiographische Beurteilung hinsichtlich der Peristaltik nicht möglich, weil der Ventrikelgradient eine abwegige Richtung einnimmt (pathologischer inhomogener Erregungsrückgang); elektrokymographisch ist eine Peristaltikänderung festzustellen (Fall 10). Nach der Valvulotomie tritt nach dem EKy fünfmal eine Normalisierung der Peristaltik ein (Fall 1, 3, 4, 6, 10). In allen fünf Fällen lässt sich keine Übereinstimmung mit dem EKG finden. Nach dem EKG ist postoperativ nur in 3 Fällen eine Tendenz zur Peristaltiknormalisierung zu erkennen (Fall 2, 5, 8), die dem EKy aber nicht entnommen werden kann. (s.o.)

In 4 Fällen ist aus den elektrokardiographischen Untersuchungen vor der Operation keine Peristaltikänderung zu erkennen, während sie das EKy deutlich angibt. (Fall 1, 4, 6, 9), und ein Fall ist wegen der Abwegigkeit seines Ventrikelgradienten vor der Operation nicht mit dem EKy zu vergleichen (Fall 10, s.o.).

SCHAEFER hat die wesentlichen Befunde für seine Theorie aus Ruhe-Elektrokardiogrammen gewonnen. Da im Stehen das Schlagvolumen verkleinert ist, wäre eine Änderung im Verhalten des Ventrikelgradienten allein durch Lageänderung möglich. Man könnte also gegen die dieser Arbeit zu Grunde liegenden Berechnungen einwenden, dass sie zum grossen Teil aus Kurvenanalysen von stehenden Patienten stammen. Die Gegenüberstellung der Tabellen 3a und 3b lässt aber bei den im Liegen abgeleiteten Elektrokardiogrammen nicht mehr und nicht weniger Peristaltikänderungen erkennen als bei den im Stehen abgeleiteten.

Nach ABEL haben Schlagvolumenänderungen im physiologischen Bereich keinen entscheidenden Einfluss auf die Erregungsrückbildung im EKG. Die auftretenden Änderungen von G_J seien meist durch Änderungen von QRS_J und zum geringen Teil nur von T_J hervorgerufen, so dass man eine Peristaltikänderung aus den Vektoranalysen nicht entnehmen könne, obwohl bei erheblicher Schlagvolumenänderung eine Peristaltikänderung anzunehmen sei. Demnach haben Schlagvolumenänderungen, wie sie zwischen Ruhe und Stehen auftreten, keinen grossen Einfluss auf die Erregungsrückbildung. Bei dem Vergleich der Ventrikelgradienten vor und nach der Valvulotomie spielt jedoch nicht die Änderung des Schlagvolumens die Hauptrolle, sondern vor allem die veränderte Herzmechanik vor und nach der Operation, die entscheidend das Bild beeinflusst. Es ist auch nach den Operationen in der Mehrzahl der Fälle eine grössere Änderung von T_J als von QRS_J zu erkennen, so dass tatsächlich eine stärkere Änderung des Erregungsrückganges vorliegt.

Als Ursache für das Hinzutreten pathologischer inhomogener Erregungsrückgänge nach der Operation ist sicher der operative Eingriff mit möglichen Vernarbungen und Verschwielungen (Einwirkungen auf mediastinale Pleura und Pericard) anzusehen.

SCHAEFERS Theorie, durch Ventrikelgradientberechnungen etwas über die Herzperistaltik aussagen zu können, wird durch diese Arbeit nicht gestützt, sie kann aber auch nicht ohne weiteres abgelehnt werden. Zur weiteren Klärung wäre ein umfangreiches, ausgewähltes Material mit Untersuchungen im Abstand von Jahren nach der erfolgreichen Valvulotomie notwendig.

ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden an 10 Patienten mit einer Mitralstenose vor und nach der Valvulotomie elektrokardiographische und elektrokymographische Untersuchungen im Hinblick auf die Herzperistaltik durchgeführt. Dabei sollte die Theorie von H. Schaefer überprüft werden, ob mit dem EKG durch Ventrikelgradient-Berechnungen Peristaltikänderungen festzustellen sind.

Es konnten zunächst die elektrokymographischen Ergebnisse von GADERMANN bestätigt werden, nach denen bei Mitralstenosen eine Pulsationsanomalie des linken Ventrikels und nach der Valvulotomie eine Normalisierung der Pulsation bzw. Peristaltik eintritt.

Die Ventrikelgradient-Berechnungen liessen vor der Operation in nur 5 von 10 Fällen eine Peristaltikänderung und nach der Operation nur in 3 Fällen eine Peristaltiknormalisierung andeutungsweise erkennen.

Ein Vergleich beider Untersuchungsmethoden (EKG und EKy) zeigte keine genügende Übereinstimmung. Der Grund dafür wird in einigen Fällen, vor allem in intraventrikulären Erregungsrückbildungsstörungen gesehen, die den Ventrikelgradienten beeinflussen. Daneben aber muss die Möglichkeit diskutiert werden, dass zwischen Ventrikelperistaltik und elektrophysiologischem Verhalten keine engen Beziehungen bestehen. Schliesslich ist es notwendig, dass durch eine erfolgreiche Valvulotomie behandelte Personen mit Mitralstenosen bis zu Jahren nach dem Eingriff untersucht werden, da erst dann verbindliche Aussagen über manche der angeschnittenen Fragen möglich sind.

LITERATURVERZEICHNIS

1. ABEL, H. Die Beziehungen des Ventrikelgradienten zum Schlagvolumen. Zschr. Kreislauff. 47, 638 (1958)

2. ABEL, H. Zur Abhängigkeit des Ventrikelgradienten vom Schlagvolumen. Zschr. Kreislauff. 48, 757 (1959)

3. DEUTSCH, E., E. GMACHL, H. SCHACHINGER, H. SIEDECK, R. WENGER Die Elektrokymographie Zschr. Kreislauff. 40, 129 (1951)

4. EINTHOVEN, W. Die Aktionsströme des Herzens. In: Handbuch der Physiologie 8, 2 (1958)

5. FAHR, G. und A. WEBER Über die Ortsbestimmung der Erregung im menschlichen Herzen mit Hilfe der Elektrokardiographie. Dtsch. Arch. Klin. Med. 117, 361 (1915)

6. GADERMANN, E. Elektrokymographische Untersuchungen über das Verhalten der Herzpulsation bei Mitralvitien. Verh. Dtsch. Ges. Kreislauff. 20, 137 (1954)

7. GADERMANN, E. und H. GROTH Elektrokymographische Untersuchungen über die Bewegungsabläufe in den verschiedenen Herzabschnitten. Arch. Kreislauff. 22, 374 (1955)

8. GADERMANN, E., H. JUNGMANN, M. SIEGEL Zur Herzmechanik und Haemodynamik der Rhythmusstörungen. Verh. Dtsch. Ges. Inn. Med. 65 Tagung, 548 (1959)

9. GILLMANN, H. Einführung in die vektorielle Bedeutung des EKG
Verl. Dietrich Steinkopf, Darmstadt 1954

10. HAUBRICH, R. Der heutige Stand der Elektrokymographie.
Erg. Inn. Med. 6, 640 (1955)

11. HECKMANN, K. Ein Verfahren zur Untersuchung der Pulsation der Herzen und anderer Organe mittels Röntgenstrahlen. Kln. Wschr. 15, 13 (1936)

12. HECKMANN, K. Actionokardiogramm bei Mitralfehlern.
Kln. Wschr. 15, 928 (1936)

13. HECKMANN, K. Grundriss der Elektrokymographie.
Georg Thieme, Stuttgart 1952

14. HECKMANN, K. Die Untersuchungen der Herzpulsationen mittels der Elektrokymographie und Phasenanalyse.
Zschr. Kreislauff. 41, 2 (1952)

15. HECKMANN, K. Elektrokymographie.
Springer, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1959

16. LUISADA, A.A.F.G. FLEISCHNER, M.B. RAPPAPORT
Fluorocardiographie I.
Amer. Heart J. 35, 336 (1948)

17. LUISADA, A.A.G. MAGRI Early changes of mitral valve function in rheumatic heart disease, phonocardiographic and electrokymographic study.
Amer.J.Med. 15, 25 (1953)

18. LEPESCHKIN, E. Das Elektrokardiogramm.
Dresden u. Leipzig 1941 und 1947

19. LEPESCHKIN, E. Praktisches Hilfsbuch zur systematischen Analyse des Elektrokardiogramms.
Stuttgart 1947

20. SCHAEFER, H. Das Elektrokardiogramm, Theorie und Klinik,
Springer, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951

21. SCHAEFER, H. Die theoretischen Grundlagen des Elektrokardiogramms. Verh. Dtsch. Ges. Kreislauff. 18. Tag, 11 (1952)

22. SCHAEFER, H. Grundprobleme der allgemeinen Elektrobiologie. Klin. Wschr. 31, 221 (1953)

An dieser Stelle möchte ich meinen Dank aussprechen

Herrn Professor Dr. med. A. Jores, Direktor der II. Medizinischen Universitätsklinik in Hamburg, für die Möglichkeit, sämtliche Untersuchungen, die für diese Arbeit notwendig waren, an seiner Klinik durchzuführen,

Herrn Professor Dr. med. E. Gadermann, Oberarzt dieser Klinik, für die Überlassung des Themas,

Herrn Dozent Dr. med. K. Donat für manchen Hinweis und Ratschlag,

Frau Dr. med. M. Siegel, wissenschaftliche Assistentin, für die Überlassung der sorgfältig ausgewählten Elektrokymogramme.

LEBENSLAUF

Am 18. Mai 1929 wurde ich in Popelken, Kr. Labiau, in Ostpreussen geboren. Ich bin der zweite Sohn des Arztes, Dr. med. Hans du Bosque und seiner Ehefrau Liselotte du Bosque, geb. Stach.

Die Grundschule und danach die Oberschule besuchte ich in Königsberg/Pr. bis 1945. Mit Kriegsende musste unsere Familie Königsberg verlassen.

1949 bestand ich in Grevesmühlen/Meckl. die Reifeprüfung.

Nach einjährigem Jurastudium in Göttingen begann ich im Sommer 1951 mit dem Medizin-Studium, das ich ab Sommer 1952 in Marburg/La. fortsetzte, wo ich 1953 das Physikum bestand. Das erste klinische Semester studierte ich in Freiburg/i.Br., die weiteren in Hamburg. Hier legte ich am 24. Februar 1957 die ärtzliche Prüfung ab.

Nach Beendigung der Pflichtassistentenzeit erhielt ich 1958 die Vollapprobation. Seitdem war ich Assistenzarzt in der Pathologie des Allg. Krankenhauses Heidberg/Hamburg, in der II. Chirurgie des Allg. Krankenhauses St. Georg/Hamburg und bin jetzt Assistenzarzt in der gynäkologischen Klinik desselben Hauses.